

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију 19. 04. 2018. - Наставно-научно веће Природно-математичког факултета у Новом Саду</p> <p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ul style="list-style-type: none">– др Драгослав Петровић, редовни професор у пензији Природно–математичког факултета у Новом Саду, <i>председник</i>, изабран у звање редовног професора 05.03.1991. за ужу научну област <i>Физика кондензоване материје</i>– др Светлана Лукић-Петровић, редовни професор Природно–математичког факултета у Новом Саду, <i>ментор</i>, изабрана у звање редовног професора 04.02.2002. за ужу научну област <i>Физика кондензоване материје</i>– др Далибор Секулић, доцент Факултета техничких наука у Новом Саду, <i>ментор</i>, изабран у звање 26.01.2017. за ужу научну област <i>Електроника</i>– др Имре Гут, редовни професор Природно–математичког факултета у Новом Саду, <i>члан</i>, изабран у звање редовног професора 02.03.2017. за ужу научну област <i>Експериментална физика кондензоване материје</i>– др Горан Стојановић, редовни професор Факултета техничких наука у Новом Саду, <i>члан</i>, изабран у звање редовног професора 21.10.2015. за ужу научну област <i>Електроника</i>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Кристина, Олга, Чајко</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 30. 11. 1984. године, Кикинда, Република Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Природно–математички факултет, Нови Сад, Физика, мастер физичар</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2009 односно, 2015, Докторске академске студије – Физика</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Природно–математички факултет, ”Мултифреквенциона посматрања једног од највећих остатака супернових у Локалној групи галаксија LMC SNR 0450-709”, Физичке науке -Астрономија, 05.10.2009. године</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Физика</p>

III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

„Добијање и карактеризација 2D и 3D функционалних материјала из класе халкогенида допираних сребром“

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Дисертација се састоји из седам поглавља, списка литературе и шест прилога.

Наслови поглавља су:

1. Увод

2. Халкогениди 3D – стакла типа $Ag_x(As_{40}S_{30}Se_{30})_{100-x}$ – добијање и контрола

3. Халкогениди 2D – танки филмови типа $Ag_x(As_{40}S_{30}Se_{30})_{100-x}$ – добијање и контрола

4. Оптичке и спектралне карактеристике стакала и танких филмова типа

$Ag_x(As_{40}S_{30}Se_{30})_{100-x}$

5. Специфичности термички индукованих процеса у 3D халкогенидима типа

$Ag_x(As_{40}S_{30}Se_{30})_{100-x}$

6. Електрична и диелектрична својства халкогенидних стакала типа $Ag_x(As_{40}S_{30}Se_{30})_{100-x}$

7. Закључак

У дисертацији су, у оквиру сваког поглавља, детаљно разматрани и дискутовани експериментални резултати који се односе на истраживања везана за новосинтетисана халкогенидна стакла и танке филмове, дат је осврт на битне теоријске основе од значаја за интерпретацију експерименталних резултата и изложене су примењене експерименталне технике.

Дисертација има 190 страна, садржи 143 слике и графика, 40 табела, 331 референцу и 6 прилога.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Предмет истраживања ове докторске дисертације су била халкогенидна стакла из система $Ag_x(As_{40}S_{30}Se_{30})_{100-x}$ ($x = 0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12, 13, 15$ ат. % Ag) – 3D форма и танки филмови препарирани из претходно синтетисаних стакала ($x \leq 5$ ат. % Ag) – 2D форма. Осим тога испитиван је утицај процентуалног удела сребра на физичке карактеристике синтетисаних стакала и препарираних танких филмова које су од значаја за примену оваквих материјала.

У другом поглављу је детаљно изложена **синтеза 3D форме** методом каскадног загревања и утврђена је област аморфности у фазном дијаграму по одабраном пресеку. Поред синтезе приказана је и структурна анализа испитиваних састава.

Треће поглавље односи се на **препарацију испитиваних танких филмова** методом пулсне ласерске депозиције, где је поред карактеризација морфолошких испитивања указано и на саме карактеристике методе. Извршена карактеризација електричних, оптичких и термичких особина на основу којих су изведени закључци о утицају и модификацији структуре $As_{40}S_{30}Se_{30}$ халкогенидне матрице услед инкорпорације атома сребра је изложена у наредним поглављима. Поред анализе добијених резултата приказане су и примењене експерименталне технике.

Примена различитих експерименталних техника на **оптичка и спектрална испитивања**, дискутована у **четвртм поглављу**, су показала како увођење Ag у матрицу стакла $As_{40}S_{30}Se_{30}$ утиче на релевантне оптичке параметре као што је ширина оптички забрањене зоне, апсорпциона ивица и код 3D и 2D узорака, као и на облик дисперзије индекса преламања.

У петом поглављу дати су резултати мерења и анализе **предкристалizacionих и кристалizacionих процеса** у складу са адекватним кинетичким методама.

У шестом поглављу изложени су резултати мерења **електричних карактеристика** 3D узорака у једносмерном и наизменичном режиму као и резултати добијени применом импедансне спектроскопије.

Резултати свих горе наведених експерименталних мерења дискутовани су и поређењем са одговарајућим наводима у литератури.

У Закључку су таксативно наведени сви претходно изложени резултати, док је списак референци дат у Литератури адекватан за реализована истраживања.

У Прилогу су дате преостале слике и графикони који прате горе наведене резултате испитиваних састава.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

M22 - Рад у истакнутом међународном часопису

1. **Kristina O. Čajko**, Dalibor L. Sekulić, Svetlana Lukić-Petrović, Mirjana V. Šiljegović, Dragoslav M. Petrović, *Temperature-dependent electrical properties and impedance response of amorphous $Ag_x(As_{40}S_{30}Se_{30})_{100-x}$ chalcogenide glasses*, J Mater Sci: Mater Electron, 28:120–128, 2017.
2. Goran R. Štrbac, Jelena S. Petrović, Dragana D. Štrbac, **K. Čajko**, Svetlana R. Lukić-Petrović, *Glass transition kinetics and fragility index of chalcogenides from Ag-As-S-Se system*, March 2018, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, DOI 10.1007/s10973-018-7151-9

M23 - Рад у међународном часопису

1. **K.O. Čajko**, S.R. Lukić–Petrović, G.R. Štrbac, T.B. Ivetić, *Kinetic Analysis of Thermal Processes in Ag–As–S–Se System Based on DSC Measurements*, Acta Phys. Polonica A, Vol.129, No. 4, 509–513, 2016
2. **K.O. Čajko**, S.R. Lukić–Petrović, D.D. Štrbac, *Absorption Edge and Optical Band Gap of Ag–As₄₀S₃₀Se₃₀ Amorphous Samples*, Acta Phys. Polonica A, Vol. 127, No. 4, 1286–1288, 2015.

M34 - Рад саопштен на скупу међународног значаја штампан у изводу

1. **K. O. Čajko**, S. R. Lukić-Petrović, D. D. Štrbac, T. Wagner, J. Prikryl, *Absorption edge and optical band gap of Ag–As₄₀S₃₀Se₃₀ amorphous samples*, Book of abstracts 2014, 4th International Advances in Applied Physics and Materials Science Congress & Exhibition, Oludeniz, Turkey, April 24–27, 2014.
2. **K. O. Čajko**, S. R. Lukić–Petrović, G. R. Štrbac, T. Ivetić, *Kinetic Analysis of Thermal Processes in Ag–As–S–Se System Based on DSC Measurements*, Book of abstracts 2015, 5th International Advances in Applied Physics and Materials Science Congress & Exhibition, APMAS 2015, Oludeniz, Fethiye, Turkey, April 16–19, 2015.
3. Dalibor L. Sekulić, **Kristina O. Čajko**, Svetlana Lukić–Petrović, Mirjana V. Šiljegović, Dragoslav M. Petrović, *Correlation of electrical and structural properties of semiconducting glassy chalcogenide alloys*, Materials, VIII International Symposium on Materials An International Conference, 9–12 April, 2017, University of Aveiro, Aveiro, Portugal pp. 303–303.
4. **K. Čajko**, S. R. Lukić-Petrović, T. Wagner, J. Prikryl, D. M. Petrović, *Ellipsometric Characterization of Ag–As–S–Se Chalcogenide Thin Films*, International Conference on Nanotechnology, Nanomaterials & Thin Films for Energy Applications, 26-28 July 2017, Aalto University, Helsinki, Finland, pp. 8–8.
5. Goran R. Štrbac, Jelena S. Petrović, Dragana D. Štrbac, **Kristina Čajko**, Svetlana R. Lukić–Petrović, *Glass transition kinetics and fragility index of chalcogenides from the Ag–As–S–Se system*, 4th Central and Eastern European Committee for Thermal Analysis and Calorimetry, CEEC–TAC4, 28–31 august 2017, Chisinau, Republic of Moldova, pp.208–208.
6. **K. O. Čajko**, S. R. Lukić–Petrović, M. V. Šiljegović, G. R. Štrbac, D. M. Petrović, *Specificity of thermally induced crystallization in the glasses of Ag–As–S–Se system*, Međunarodni naučni skup Savremeni materijali, 9–10. Novembar, 2017, Banja Luka.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживања су вршена на функционалним материјалима из класе халкогенида у форми **балка и танких филмова**, а који припадају **новосинтетисаној серији стакластих полупроводника типа $\text{Ag}_x(\text{As}_{40}\text{S}_{30}\text{Se}_{30})_{100-x}$, за $x = 0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12, 13, 15$ at. % Ag**. Стакла су из полазних елементарних компоненти високе чистоће добијена **методом каскадног загревања**, а филмови **методом пулсне ласерске депозиције** из претходно добијених балк узорака.

Комплексна експериментална истраживања показала су да постоји значајан простор у фазног дијаграму овог система за добијање квалитетног стакла.

Резултати **скенирајуће електронске микроскопије** су потврдили хомогеност структуре узорака са мањом концентрацијом сребра, док је код узорака са већим процентуалним уделом овог метала ($x = 10, 13, 15$ at. % Ag) добијена слика јасно указивала на њену нарушеност и појаву фазне сепарације и AgAsSe_2 кристалних центара.

Треба истаћи резултате везане за **електричне карактеристике** у режиму једносмерне и наизменичне струје и карактеристике процеса диелектричних губитака.

На вишим фреквенцијама АС проводљивост поседује дисперзију степеног облика, док је при нижим фреквенцијама готово независна од овог фактора и може се приписати истим механизмима као код ДС проводљивости.

Код узорака са мањим процентуалним уделом сребра ($x \leq 5$ at. % Ag), зависност $\log(\sigma_{AC}) = f(\log(\omega))$, указује да се у околини фреквенција $f \geq 10^4$ Hz активира механизам електричног провођења који је последица побуђивања носилаца наелектрисања у области "краја покретљивости" локализованих стања на ивицама зоне (у близини E_A или E_B).

Код узорака са већим процентуалним уделом сребра ($x = 10, 15$ at. % Ag), зависност $\log(\sigma_{AC}) = f(\log(\omega))$ у испитиваном температурском опсегу испољава два нагиба, што указује на два нова различита механизма проводљивости. Овде се први нагиб запажа већ на фреквенцијама за $f > 10^2$ Hz, што указује да су при већим концентрацијама сребра развученији репови локализованог стања ка Фермијевом нивоу. На вишим температурама, за $f > 10^5$ Hz, активира се и електропроводност која је условљена скоковитим прелазима наелектрисања између локализованих стања у близини Фермијевог нивоа.

Диелектричне особине испитиваних састава са $x \leq 5$ at. % Ag упућују на изражену доминацију оријентационе поларизације дипола у испитиваном опсегу фреквенција. Значајно веће вредности реалног дела диелектричне пермитивности при нижим фреквенцијама указале су на присуство међуслојне поларизације код састава где је удео сребра 10 и 15 at. %.

Како се и очекивало, **увођење Ag у матрицу стакла $\text{As}_{40}\text{S}_{30}\text{Se}_{30}$ доводи до смањења ширине оптички забрањене зоне и код 3D и 2D узорака**. Фитован је аналитички облик ове зависности експоненцијалном и степеном функцијом. Линеаран фит функционалне зависности за саставе са мањим уделом сребра потврђује да су састави до 5 at. % Ag аморфни и хомогени. Спектар транспаренције састава са $x = 10$ at. % Ag се разликује од ових, тако да је у приказаном апсорпционом спектру показано да постоје два нагиба, што је очито последица структуре која није хомогена.

Показало се да присуство сребра у аморфној матрици има значајног утицаја и на **оптичке параметре** у обе форме испитиваних узорака.

Посебна **анализа спектралних карактеристика 2D форми** извршена је на бази спектара транспаренције који су обрађени **методом енвелопе**, као и **техником елипсометрије**. Ови резултати су омогућили да се утврди **дисперзија индекса преламања, ширина оптички забрањене зоне и дебљина филмова**.

Битан је закључак, да је процењена вредност **нелинеарног индекса преламања** реда величине $10^{-18} \text{ m}^2/\text{W}$, што указује на могућност коришћења ових 3D и 2D састава у изради нелинеарних оптичких елемената.

Посебан значај дат је и испитивању промена које се дешавају у 3D узорцима приликом њиховог

загревања. На основу мерења техником диференцијалне скенирајуће калориметрије анализирана је **кинетика предкристалizacionих процеса са аспекта изокинетичког и изоконверзионог приступа**. Детаљна анализа DSC кривих омогућила је да се одреде све релевантне температуре: температура размекшавања, кристализације и топљења формираних кристалних центара.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Добијени резултати су приказани систематично, разврстани по примењеним методама карактеризације, имају јасан аналитички ток који је подржан оптималним бројем графичких приказа, а тумачење резултата је изведено систематски на основу актуелних превладајућих ставова у литератури из наведене области. Резултати и тумачења су упоређивани са претходно објављеним резултатима и интерпретацијама других аутора који су били усмерени на материјале овог типа.

Детаљном анализом извештаја тестирања на плагијаризам применом софтвера iThenticate (<https://www.ithenticate.com/>), Комисија закључује да је ова докторска дисертација **оригинално дело** и да **не предстаља плагијат**, пошто се нађена формална преклапања односе на стандардне хемијске формуле и релације и у 38 извора су мања од 1%, у једном извору не прелази 2%, а у укупном проценту не прелази 3%.

Комисија **позитивно оцењује** начин приказа и тумачења резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме
Докторска дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе
Докторска дисертација садржи све битне елементе истраживачког рада.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Докторска дисертација даје оригиналан допринос науци, јер обухвата **добивање и свеобухватну карактеризацију новог система испитиваних материјала**, како у форми стакла, тако и у форми танких филмова.

Сви **експериментални подаци су добијани применом савременијих техника** које се користе у овој области и **обрађени су у складу са актуелним моделима.**

На тај начин дисертација **презентованим резултатима неспорно пружа својеврстан допринос целокупној области испитивања материјала, верификује и унапређује савремене моделе и упућује на одговарајуће могућности примене.**

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Нису уочени битни недостаци дисертације.

X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације као оригиналног доприноса физици материјала, Комисија предлаже да се завршена и предата докторска дисертација „Добијање и карактеризација 2D и 3D функционалних материјала из класе халкогенида допираних сребром“ ПРИХВАТИ, а кандидату ОДОБРИ одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Драгослав Петровић, редовни професор у пензији ПМФ-а у Новом Саду, *председник*

др Светлана Лукић-Петровић, редовни професор ПМФ-а у Новом Саду, *ментор*

др Далибор Секулић, доцент ФТН-а у Новом Саду, *ментор*

др Имре Гут, редовни професор ПМФ-а у Новом Саду, *члан*

др Горан Стојановић, редовни професор ФТН-а у Новом Саду, *члан*

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.